

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

**Přehled softwarových nástrojů pro kreslení a výpočet
pneumatických systémů**

**Summary of Software Tools for Designing and Calculation of
Pneumatic Systems**

Student:

Petr Komárek

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Komárek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Přehled softwarových nástrojů pro kreslení a výpočet pneumatických systémů**
Summary of Software Tools for Designing and Calculation of Pneumatic Systems

Zásady pro vypracování:

1. Sestavte přehled programů pro kreslení a animaci funkce pneumatických a elektropneumatických schémat a krátce je popište.
2. Sestavte přehled programů pro výpočet a dimenzování pneumatických prvků a systémů a popište funkci a možnosti zvolených programů.
3. Proveďte simulaci dynamických charakteristik základního obvodu s dvojčinným pneumomotorem ve zvolených programech.
4. Experimentálně zjistěte dynamické charakteristiky základního obvodu a porovnejte je se simulací.

Seznam doporučené odborné literatury:


KOPÁČEK, J.; ŽÁČEK, M. *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2003. 94 s. ISBN 80-248-0442-5.
NEVRLÝ, J. *Modelování pneumatických systémů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM Brno, 2003. 180 s. ISBN 80-7204-300-5.
NEVRLÝ, J. Software for Animation and Simulation of Pneumatic Systems. In *Hydraulika a pneumatika*, 2003, č. 2, s. 23-25. ISSN 1335-5171.
Firemní podklady a software výrobců pneumatických prvků.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010
Datum odevzdání: 23.05.2011




prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23.5.2011


.....


podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odstavec. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářské práce bude v elektronické podobě uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o veřejných školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

23.5.2011
V Ostravě.....


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Petr Komárek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Březinova 27, Opava 1, 74601

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Komárek, P. *Přehled softwarových nástrojů pro kreslení a výpočet pneumatických systémů: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení 2011. 42 s. Vedoucí práce: Dvořák, L.

Bakalářská práce se zabývá přehledem softwarových nástrojů pro kreslení a výpočet pneumatických systémů. Obsahem první části je přehled programů pro kreslení a animaci funkce pneumatických a elektropneumatických schémat s jejich krátkým popisem.

Navazující druhá kapitola obsahuje přehled programů pro výpočet a dimenzování pneumatických prvků a systémů s jejich krátkým popisem. Další část se věnuje simulaci dynamických charakteristik základního obvodu s dvojčinným pneumomotorem v programech SMC Model Selection V3.5 a Bosch REXROTH Program Information V2.0. Závěrečná část se věnuje experimentu, pro zjištění dynamické charakteristiky základního obvodu a porovnání se simulací.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Komárek, P. *Summary of Software Tools for Designing and Calculation of Pneumatic Systems: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering. Department of Hydrodynamics and Hydraulic Equipment 2011. Pages: 42. Thesis head: Dvořák, L.

The thesis deals with a summary of software tools for drawing and calculation of pneumatic systems. First chapter describes programs for drawing and functional animation of pneumatic and electropneumatic diagrams with short description. Second chapter includes a review for calculation and dimensioning of pneumatic components and systems with their short description. The dynamic characteristics simulation of basic circuit with double-acting cylinder solved in programs SMC Model Selection V3.5 and Bosch REXROTH Program Information V2.0 are stated and described in next chapter. The last chapter deals with experiment for determination of dynamic characteristic for basic circuit. There is stated a confrontation of determination against simulation in this chapter.

0 Úvod.....	8
1 Přehled programů pro kreslení a animaci pneumatických a elektropneumatických schémat.....	9
1.1 FluidSIM Pneumatics V4.2 a Fluid DRAW 5	9
1.2 D&C Scheme Editor 3.0	11
1.3 SMC PneuDRAW V. 2.8	12
1.4 Automation Studio	13
1.5 OFT2	15
1.6 Automsim Premium	16
1.7 Proge CAD 2010 Professional + nadstavba ALE 9 hydraulika a pneumatika.....	17
1.8 ostatní kreslicí programy	17
2 Přehled programů pro výpočet a dimenzování pneumatických prvků	19
2.1 FESTO GSED V3.0.0.26 online konfigurátor.....	19
2.10 SMC Process valves selector	28
2.2 FESTO DGC Quickcalc V 1.2.00 (Pro Drive).....	21
2.3 FESTO Positioning Drives V1.5.10.....	22
2.4 FESTO Výběr tlumičů rázu	24
2.5 FESTO Air Dryer	24
2.7 SMC Model Selection V3.5	26
2.8 SMC Guide Cylinder Selection 2.0.....	27
2.9 SMC Simple Saving Calculations V1.0	27
3 Simulace dynamických charakteristik obvodu s dvojčinným pneumomotorem	29
3.1 SMC Model Selection V3.5	29
3.2 Bosch REXROTH Program Information V2.0	32
4 Experiment – dynamická charakteristika obvodu a porovnání.....	33
4.1 Dynamická charakteristika obvodu	33
4.2 Porovnání	36

5 Použitá literatura	38
5.1 Zdroje on-line	38
6 Seznam příloh	40

Seznam použitých symbolů a zkratek

<u>Značka</u>	<u>Název veličiny</u>	<u>Jednotky</u>
CAD	Computer aided design – počítačové projektování	
CATIA	Program pro 3D modelování (Dassault Systèmes)	
Default	Standardní	
DEMO	Ukázková verze počítačového programu	
Drag&Drop	Táhnout a pustit	
EXE	executable – instalační soubor programu	
Freeware	Program distribuován bezplatně	
INVERTOR	Program pro 3D modelování (Autodesk)	
MPa	Megapascaly	[MPa]
MS Excell	Microsoft Excell – tabulkový editor	
N	Newton	[N]
PC	Personal computer – osobní počítač	
Screenshot	Snímek obrazovky	
SW	Software – programové vybavení počítače	
Trial	30 denní zkušební verze programu	
USB	Universal Serial Bus – PC rozhraní	
VDC	stejnoseměrné Volty	
mA	miliampér	[mA]
p1	tlak 1	[Pa]
p2	tlak 2	[Pa]

0 Úvod

V poslední době je ve výrobních závodech stále více upřednostňována automatizace. Automatizace a výrobní stroje by nemohly fungovat bez hydraulických a pneumatických systémů. Díky snoubení miniaturizace a elektroniky dnes vznikají mnohé aplikace a produkty, které by v dřívějších dobách nebyly možné nebo by jejich rozměry byly naprosto nepřijatelné pro většinu aplikací. Drtivá většina moderních linek je zautomatizována díky pneumatice a elektro-pneumatice. Pro vývoj nových produktů, které obsahují ve své sestavě pneumatické či elektrické prvky nebo jejich kombinace, dnes existují podpůrné prostředky pro vývoj. Jde o software, který za konstruktéra vyřeší početní úlohy, zobrazí simulaci a v neposlední řadě mu usnadní tvorbu technické dokumentace díky předdefinovaným prvkům v databázi daných programů. Tato práce má za úkol seznámit uživatele s dostupným programovým vybavením od známých výrobců, kteří se na poli pneumatických produktů pohybují. V první části se zběžně seznámíme s programy, které řeší tvorbu pneumatických schémat a rozpisek (kusovníků). Následující část přináší přehled softwarových produktů, které se zabývají výpočty a návrhy daných pneumatických komponent dle požadavků konstruktéra či zákazníka. V třetí části je popsán navržený pneumatický obvod s dvojčinným pneumomotorem a jeho nasimulování v programech SMC Model Selection V3.5 a BOSCH REXROTH Program Information V2.0 pro porovnání výsledků jednotlivých programů. V části poslední pak využijeme informace zjištěné z předchozí kapitoly a porovnáme je se skutečně naměřenými hodnotami.

1 Přehled programů pro kreslení a animaci pneumatických a elektropneumatických schémat

V následující kapitole budou uvedeny programy pro kreslení pneumatických a elektropneumatických obvodů a simulace funkce. Popis je zaměřen zejména na 4 produkty, které jsou dostupné na našem trhu a jsou z mého pohledu také uživatelsky příjemné.

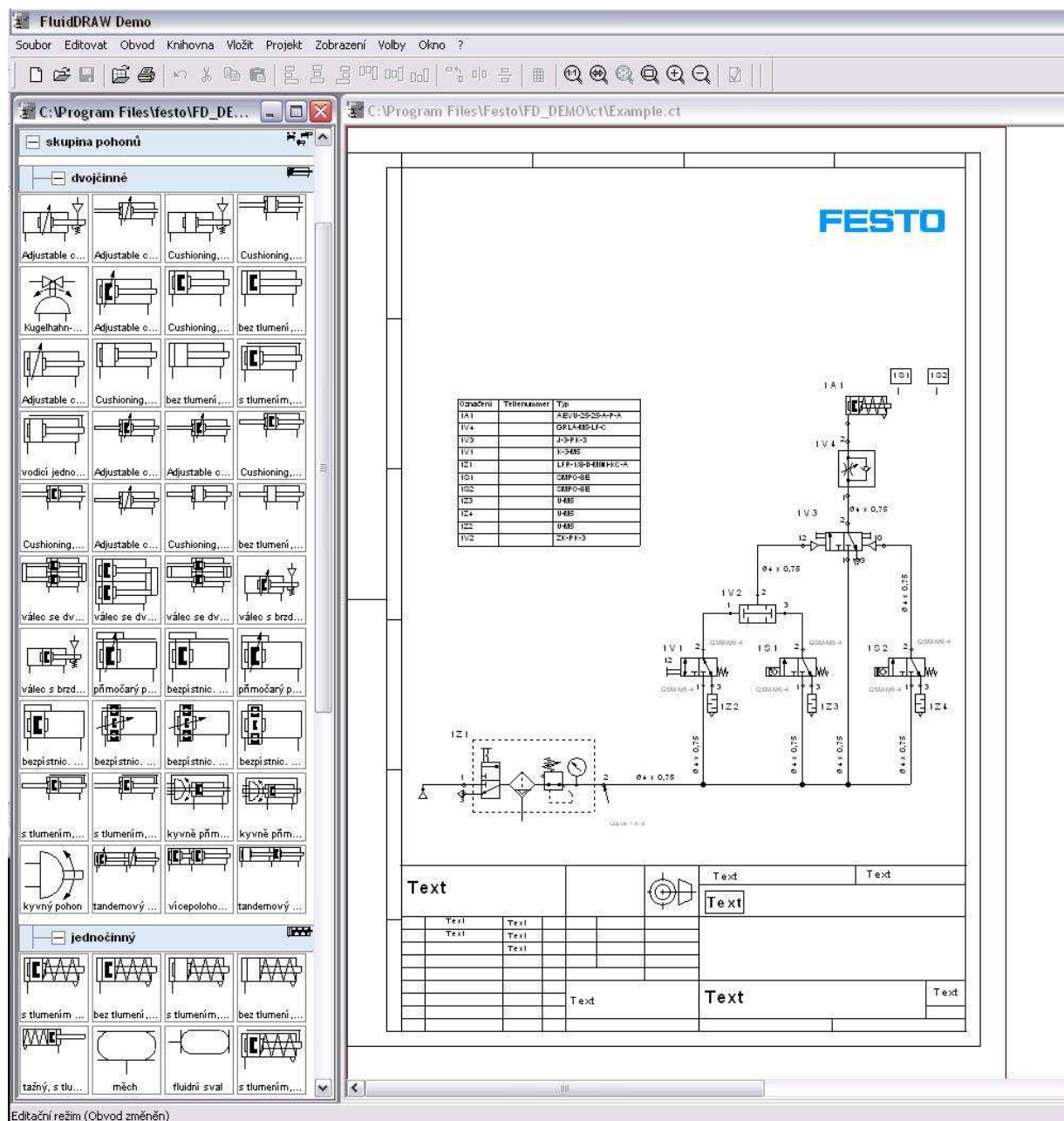
1.1 FluidSIM Pneumatics V4.2 a Fluid DRAW 5

Jde o produktovou řadu společnosti FESTO. Oba programy jsou na webu k dispozici jako DEMO verze. Fluid SIM v DEMO režimu umožňuje práci po dobu 30 minut, poté se automaticky vypne. Fluid DRAW je jako Trial verze – neomezeně po dobu 30 dnů. FESTO tento program nabízí za cenu 5897,- bez DPH.

Fluid SIM slouží také pro kreslení, ale primárně jako aplikace pro ověření sestavy Fluid DRAW je nabízen ve dvou verzích a to jako:

- STARTER funkce kreslení pneumatických obvodů
- PROFESSIONAL funkce kreslení pneumatických i elektrických obvodů

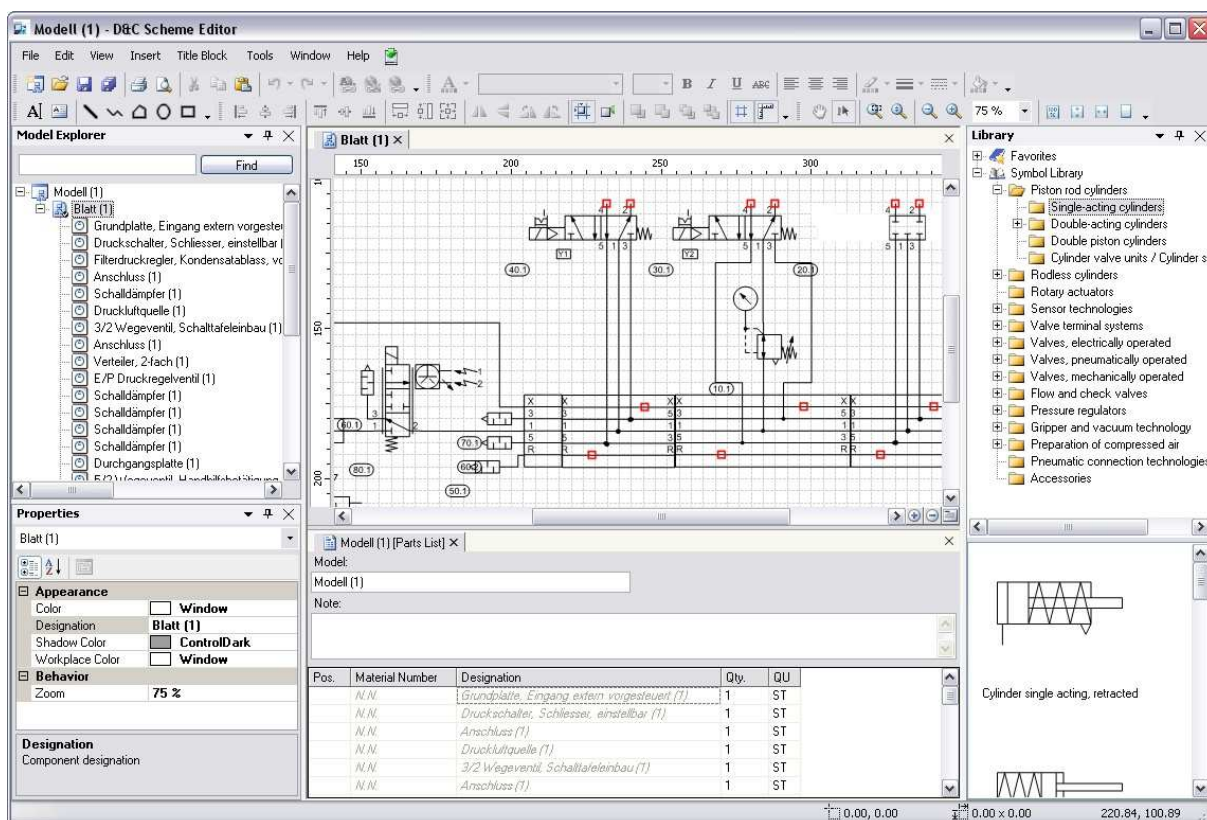
Fluid DRAW 5 se nabízí v mnoha jazykových mutacích, také v české mutaci. FluidSIM Pneumatics V4.2 je nabízen pouze v Anglickém jazyce. Prostředí je uživatelsky přátelské, obsahuje velké množství předdefinovaných symbolů v knihovně s vazbou na produktovou řadu společnosti FESTO, schémata jsou snadno citovatelné a nabízí funkci kontroly daného zapojení (automaticky nabízí, zda daná hadice či spojovací prvek lze použít na daný vstup / výstup pomocí zelené a červené barvy). Výstup programu je ve formátu *.ct. Více viz [6].



Obr. 1.1 Prostředí FluidDRAW

1.2 D&C Scheme Editor 3.0

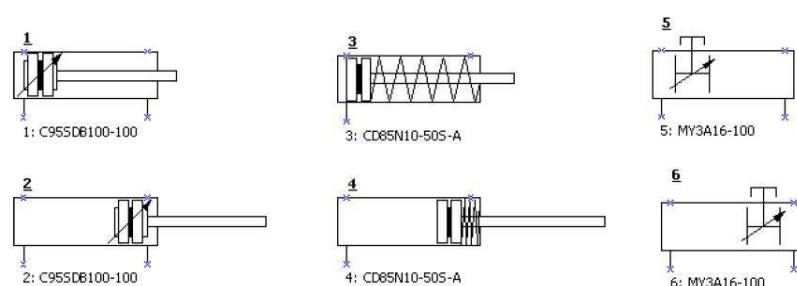
Jde o program společnosti Bosch Rexroth AG. Slouží k tvorbě pneumatických schémát v souladu s normami a vazbou na produktovou řadu společnosti Bosch rexroth AG. SW je uživatelsky přátelský a uživatel nepotřebuje mít žádné znalosti např. z CAD programů stylu Autodesk AutoCAD. Bosch jej také nabízí zdarma jako freeware. Velikost instalačního *.EXE souboru je cca 29 MB. Je dodáván ve dvou jazykových mutacích a to Anglicky a Německy. Program, stejně jako všechny ostatní zde řešené programy, má funkci Drag & Drop, pro vkládání jednotlivých skic component. Při vkládání prvků z velmi obsáhlé knihovny si tyto drží přípojná místa pro snazší vazbení prvků ve schématu. V prostředí programu lze snadno ovládat rotaci vkládaných prvků, řekl bych, že lépe než u PneuDRAW V.2.8 od společnosti SMC, o kterém je pojednáno dále. Jako velký klad hodnotím hodně obsáhlou databázi schémat pneumatických prvků. Výstup programu je ve formátu *.edtmld. Více viz [7].



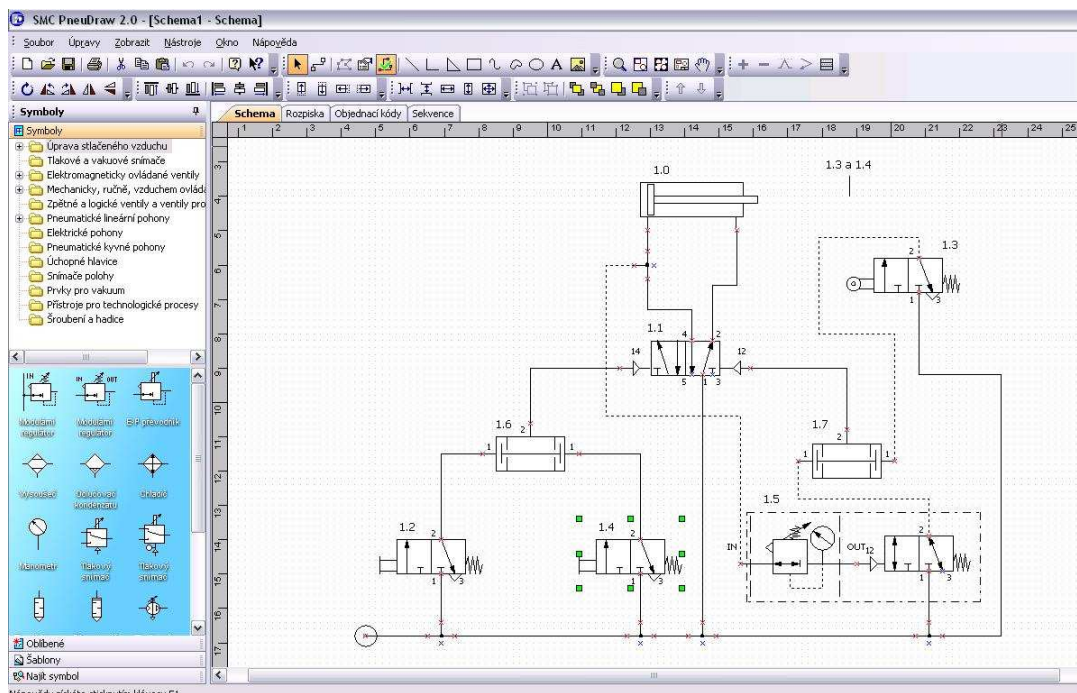
Obr. 1.2 Prostředí programu D&C Scheme Editor 3.0

1.3 SMC PneuDRAW V. 2.8

Jedná se o software Japonské společnosti SMC, který je na území České Republiky distribuován pobočkou SMC Industrial Automation CZ s.r.o. sídlící v Brně. Slouží k tvorbě pneumatických schémat s vazbou na produktovou řadu výrobku společnosti SMC. Program je z rodiny MS Visio. SW je schopen kontrolovat kompatibilitu použitých prvků užitých ve schématu pneumatického obvodu, pokud jsou tyto z produktové řady SMC a jsou v knihovně programu. Lze také vytvářet vlastní symboly a ukládat je do knihovny. Jako vhodný doplněk pro konstrukční kanceláře slouží import dat z externích aplikací typu CATIA, Autodesk INVENTOR, MS Excell apod. Pneu DRAW verze 2.8 umí ve schématech vysouvat / zasouvat pístnice u symbolů pneumatických válců.



Obr. 1.3 Příklad vysunutí / zasunutí pneumatických válců



Obr. 1.4 Ukázka prostředí v PneuDRAW starší verze 2.0

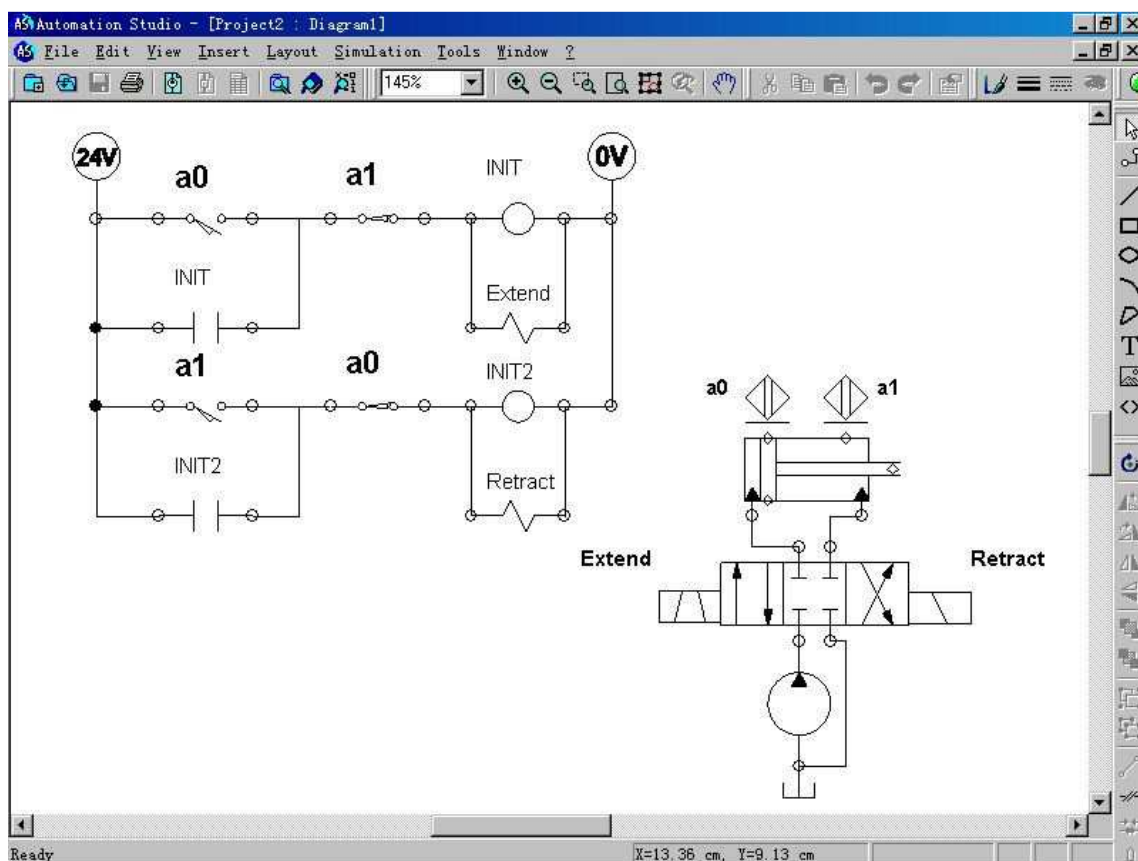
PneuDraw V. 2.8 se dá nainstalovat síťově, je volně ke stažení na webu CZ zastoupení společnosti SMC o velikosti *.EXE souboru cca 7 MB. Software není uživatelsky složitý a jedná se o komplexní řešení pro konstruktéry pneumatických obvodů, díky automatické generaci rozpisek, kusovníků a objednacích čísel daných komponent (pokud jsou v databázi prvků daného programu). Program je nabízen v Českém jazyce. Výstup programu je ve formátu *.smpd. Více viz [13].

1.4 Automation Studio

Program je nabízen ve dvou verzích a to Automation studio, který je určen pro školy a výuku a Automation Studio Professional. Automation Studio je odlehčená verze programu. Výrobce software je firma Famic Technologies Inc. z Kanady. Program je určen ke kreslení obvodů, simulaci a kontrolu/animaci schémat z oblasti pneumatiky, hydrauliky a elektrotechniky. Používá mezinárodní standardy jako ISO, DIN, IEC apod. Obsáhlá knihovna je rozdělena do 14 kategorií pro výše uvedené normy a to:

- Hydraulika
- Pneumatika
- Elektrika
- Analýza
- Hydraulika a elektrika
- Konfigurátor čerpadel
- Zprávy
- Katalog
- PLC
- HMI
- Digitální elektronika
- Sekvenční diagramy
- Elektronické ovládací prvky
- Multi-Fluid Simulace

Automation studio obsahuje také programovací jazyk GRAFCET. Software pro svůj provoz potřebuje USB hardwarový klíč. Standardně je dodáván v Anglickém jazyce. Jde opravdu o velkého pomocníka na poli software pro hydrauliku, pneumatiku apod. Více viz [2] a [11].



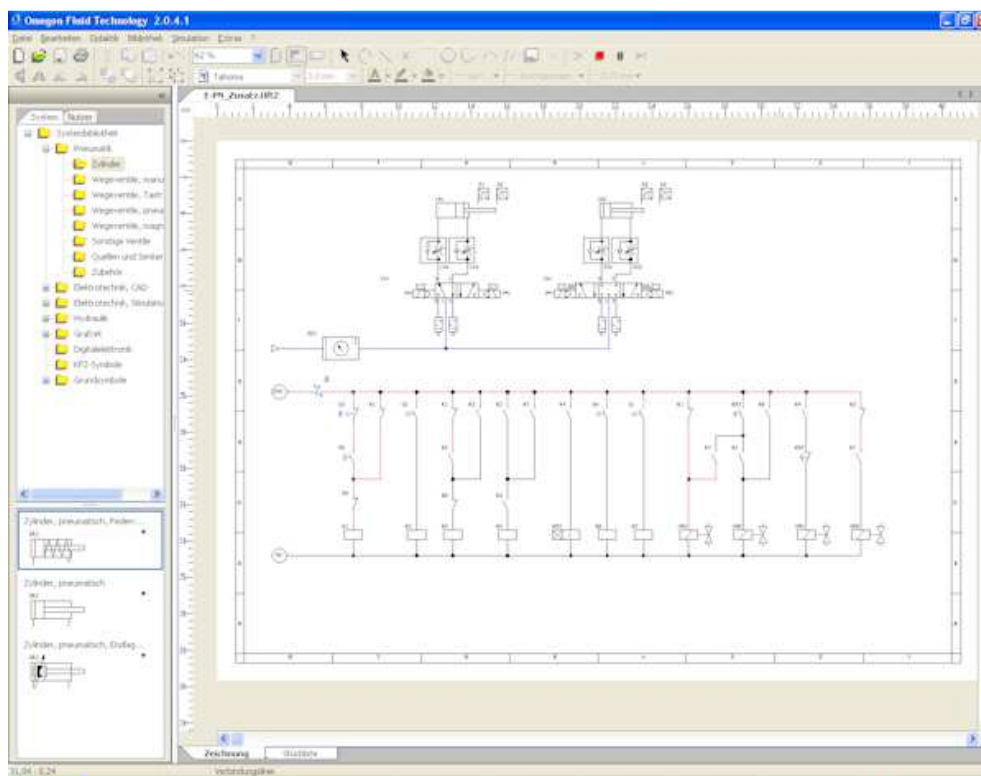
Obr. 1.5 Prostředí programu Automation Studio

1.5 OFT2

Produkt společnosti Omegon Fluid Technology. Na svých webových stránkách poskytují Demo programu OFT2. Velikost daného *.exe souboru je 37 MB. Poslední dostupnou verzí programu je OFT2 v. 2.0.10.9. Demo program je však omezen na dobu 30 minut od spuštění. Primárně v německém jazyce, lze přepínat mezi Angličtinou a Holadštinou. Dostupný v těchto verzích a cenách:

- Plná verze – 590 EUR
- Omezená - verze 6 měsíců – 66,39 EUR
- Pneumatická verze – hydraulická knihovna není obsažena – 400 EUR
- Hydraulická verze – pneumatická knihovna není obsažena – 400 EUR
- CAD kreslení, nelze simulovat – 250 EUR
- Studentská verze – omezený počet symbolů v DB – 50 EUR
- DEMO – 30 min

Program určen pro kreslení a simulaci funkce pneumatických, hydraulických a elektrických zapojení či jejich kombinací. Výhodou pro praxi je automatické vypisování kusovníku při použití prvků z knihovny, ušetří mnoho času. Knihovna je obsáhlá. V DEMO verzi nelze projekty ukládat. Více viz [12].



Obr. 1.6 Omegon Fluid Technology OFT2

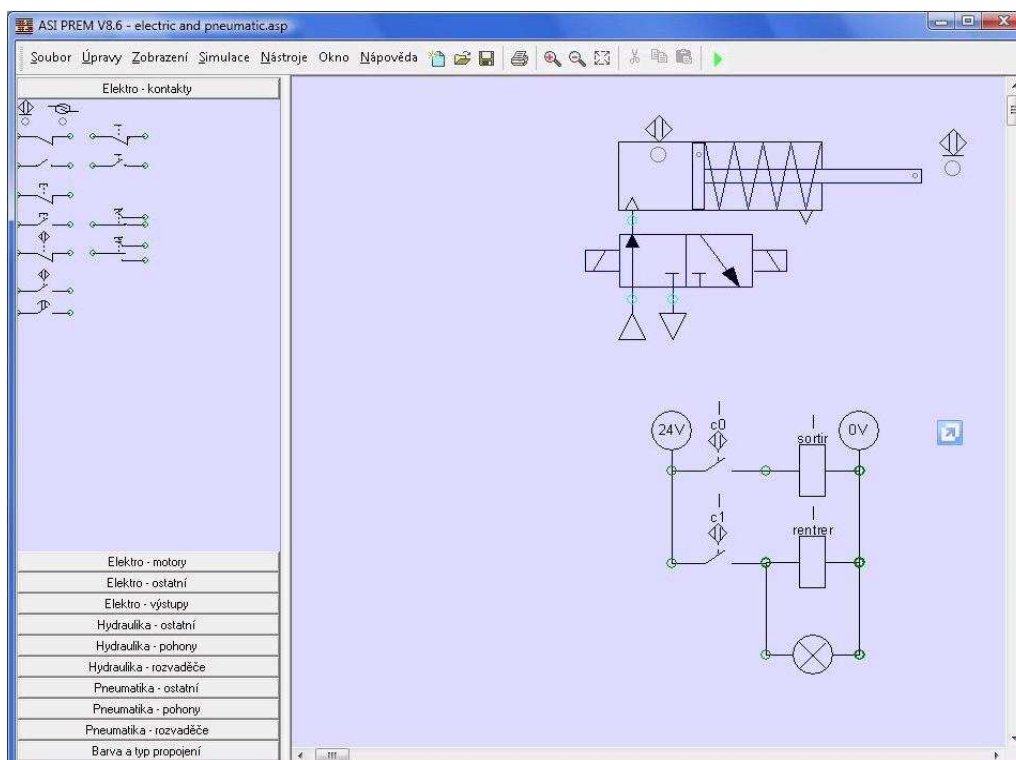
1.6 Autonsim Premium

Software je pro Českou Republiku distribuován firmou Stránský a Petržík. Jde o produkt francouzské společnosti IRAI a slouží k tvorbě a simulaci pohybů pneumatických, elektrických, hydraulických schémat nebo jejich kombinací. Tento je nabízen ve dvou verzích:

- AUTOSIM LICENCE – 137 EUR (Součástí balíku je také software AUTOMGEN, který je určen především k programování, automatizaci, 3D simulaci procesů, ...)
- AUTOSIM PREMIUM – 99 EUR

Na webu je k dispozici DEMO verze s omezením doby funkčnosti SW na 40 dní. Velikost *.EXE souboru je cca 14 MB. Software pracuje s knihovnou prvků z oblasti pneumatiky, elektiky a hydrauliky, avšak tato není příliš obsáhlá. Pokud v knihovně konkrétní prvek není, pomocí vlastností můžete podobný prvek upravit tak, aby vyhovoval vašim požadavkům.

Jako nevýhodu tohoto SW vidím náchylnost na nechtěné označení prvků (i celou skupinu) ve stromu a jejich následné vložení do otevřeného dokumentu. Program je nabízen v Českém jazyce. Výstup programu je ve formátu *.asp. Více viz [9].



Obr. 1.7 Prostředí programu Autonsim Premium společnosti IRAI

1.7 Proge CAD 2010 Professional + nadstavba ALE 9 hydraulika a pneumatika

ALE 9 Pneumatika a hydraulika nadstavba pracuje v programu ProgeCAD Professional. ProgeCAD Professional je 2D/3D CAD software, který je určen především pro 2D kreslení. ProgeCAD je v podstatě stejný jako všeobecně známý AutoCAD od Autodesku, ukládá a otevírá výkresy ve formátu *.dwg / *.dxf.

Nadstavba ALE9 rozšiřuje konstruktérovi možnosti v kreslení hydraulických a pneumatických obvodů a zároveň mu šetří čas. Lze vkládat již předdefinovaná schémata z celkem obsáhlé knihovny prvků. Nelze však provádět kontrolu a animovat dané schéma. Nadstavba je dodávána v Českém jazyce a je to freeware. Výstup programu je ve formátu *.dwg. Více viz [5] a [18].

1.8 ostatní kreslicí programy

Na trhu jsou k dispozici ještě další programy, které může uživatel použít k tvorbě pneumatických schémat. Tyto jsou však bez možnosti vyzkoušení. Níže je uveden jejich výčet.

HyPneu V11

Jde o produkt společnosti BarDyne, Inc. z Oklahomy. Jde o komplexní software obsahující editor schémat, databázi komponent, univerzální modul pro tvorbu vlastních ventilů, simulace, animace a v neposlední řadě také jednoduchý prohlížeč. Více viz [19].

PneuSim 7.2

Jde o nástroj také pro kreslení pneumatických obvodů s malou databází pneumatických prvků, je ale hlavně určen pro simulaci. Výrobce software je firma Famic Technologies Inc. z Kanady. Software je v německém jazyce. Pro software Pneusim 7.2 i Pneusim PRO již

na oficiálních stránkách výrobce neexistuje produktový list a je nahrazen programem Automation studio. Více viz [11].

AMESim

Produkt společnosti LMS International, Belgie. Jedná se o více doménový produkt, který umožňuje propojení pneumatiky, hydrauliky, mechaniky, elektřiky a elektromechaniky. Modelování a kreslení obvodů je v tomto pořadí: náčrt, submodel (spojení jednotlivých komponent), parametr (vložení jednotlivých parametrů), simulace. Jde o velice rozsahlý software, který je také v průmyslu hodně používán. Používají jej nadnárodní společnosti známých jmen jako Toyota, Renault, Bosch, Airbus, Caterpillar a mnoho dalších.

AMESim je tvořen ze 4 aplikací a to:

- AMESim – kreslení, modelování, simulace
- AMECustom – úprava modelů, publikování, katalogy
- AMERun – pro neodborníky, sdílení ověřených modelů
- AMESet – vývoj komponent, vývojový nástroj
-

Více viz [20].

2 Přehled programů pro výpočet a dimenzování pneumatických prvků

V této kapitole budou uvedeny programy pro výpočet a dimenzování pneumatických prvků. Popis je zaměřen na 3 společnosti, které na trhu působí jako hlavní výrobci pneumatických prvků a to FESTO, Bosch REXROTH a SMC.

2.1 FESTO GSED V3.0.0.26 online konfigurátor

Online software pro výběr a konfiguraci nabízí tyto podkategorie: Pneumatické pohony – válce (dle norem, kompaktní válce a válce s krátkým zdvihem), Manipulační jednotky (paralelní chapadla, tříbodová chapadla, úhlová chapadla, kyvná chapadla, oddělovače), tlumiče nárazu a ventilové terminály. Tento online konfigurátor vede uživatele/zákazníka dle 5 základních kroků a to:

- Parametry systému
- Výběr válce
- Systém
- Simulace
- Kusovník

V průběhu těchto kroků si zvolí uživatel vše potřebné pro výběr daného požadovaného produktu. Samozřejmostí je, že veškeré nabízené produkty jsou v režii FESTO produktů. Výhodou je, že se tento konfigurátor nemusí instalovat a je v češtině. Výhoda však může být také nevýhodou a to v případě, že uživatel nemá v danou chvíli potřebné připojení k internetu. Více viz [15].

1. parametry systému

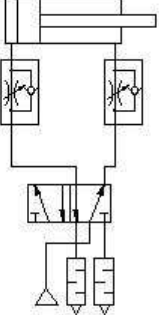
2. výběr válce

3. systém

4. simulace

5. kusovník

výběr prvků simulace systému



nastavení PPV
20 %
průtok
4,9 otáčení otevřeno

klikněte na označení typu nebo symbolickou značku prvku, který chcete vybrat/změnit

pohon	DNC-40-500-PPV
<input type="checkbox"/> tlumič nárazu	
škrtkový zpětný ventil	GRLA-1/4-QS-10-D
hadice [válec > ventil]	PUN-10x1,5-BL (1 m)
ventil	CPE18-M1H-5LS-1/4
hadice [zdroj > ventil]	PUN-10x1,5-BL (1 m)
tlumič hluku	U -1/4

provozní tlak

4 bar

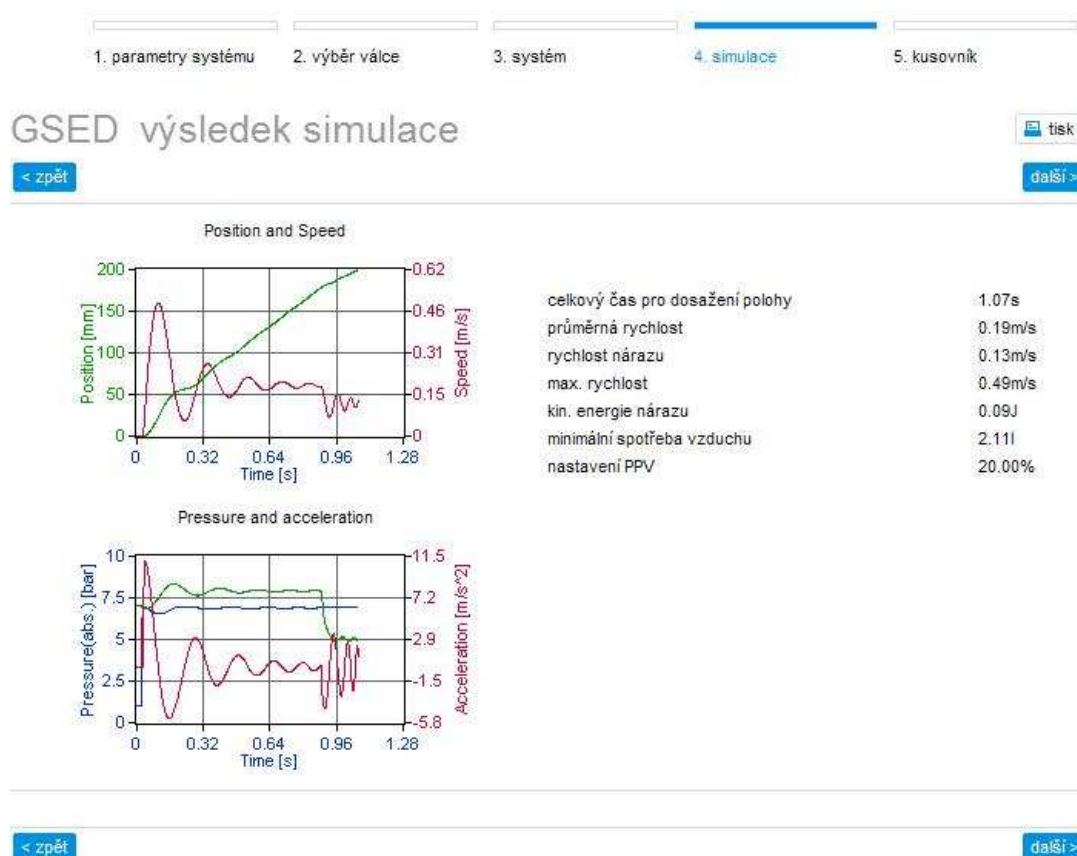
směr pohybu

☒ vyjetí
☐ zajiždět

< zpět

simulace...

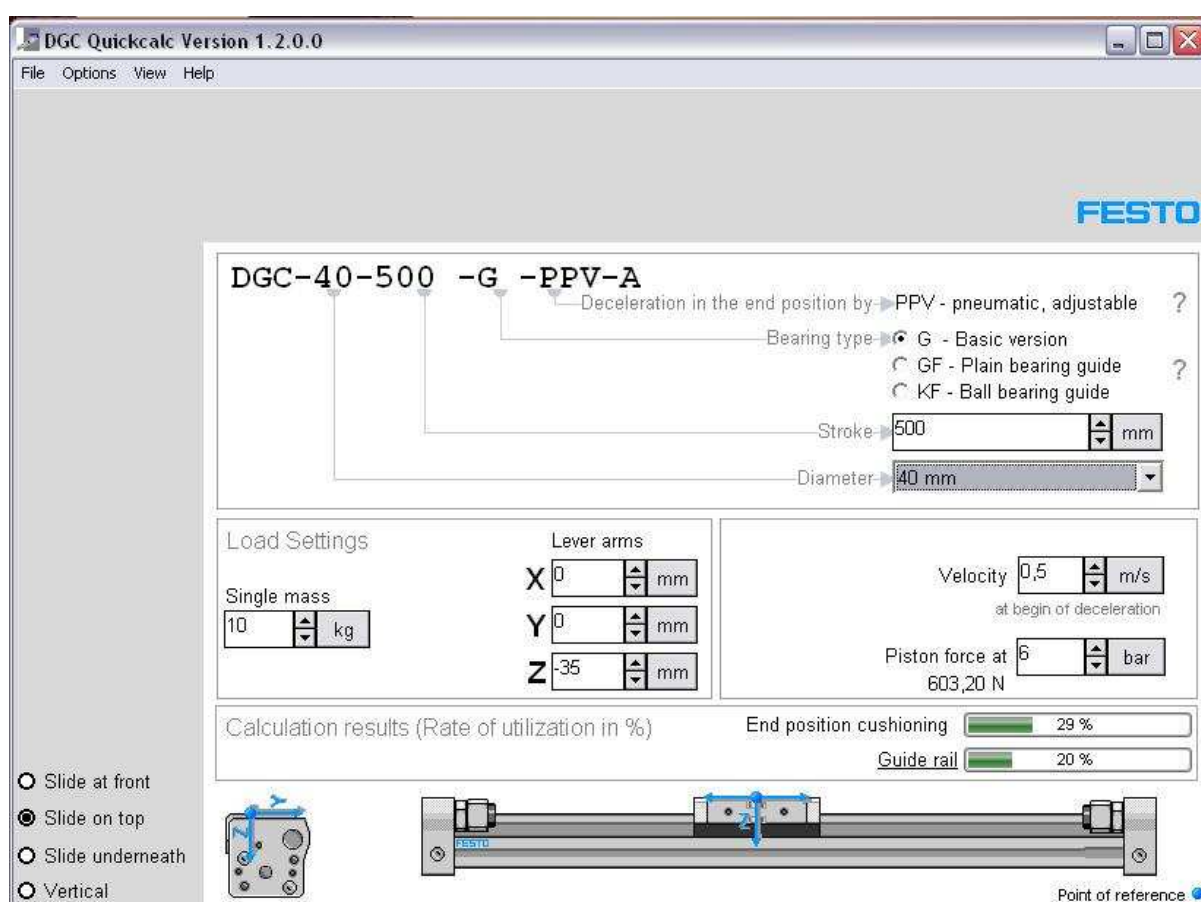
Obr. 2.1 Zobrazení 3. kroku z online konfiguratoru FESTO GSED



Obr. 2.2 Zobrazení 4. kroku z online konfiguratoru FESTO GSED

2.2 FESTO DGC Quickcalc V 1.2.00 (Pro Drive)

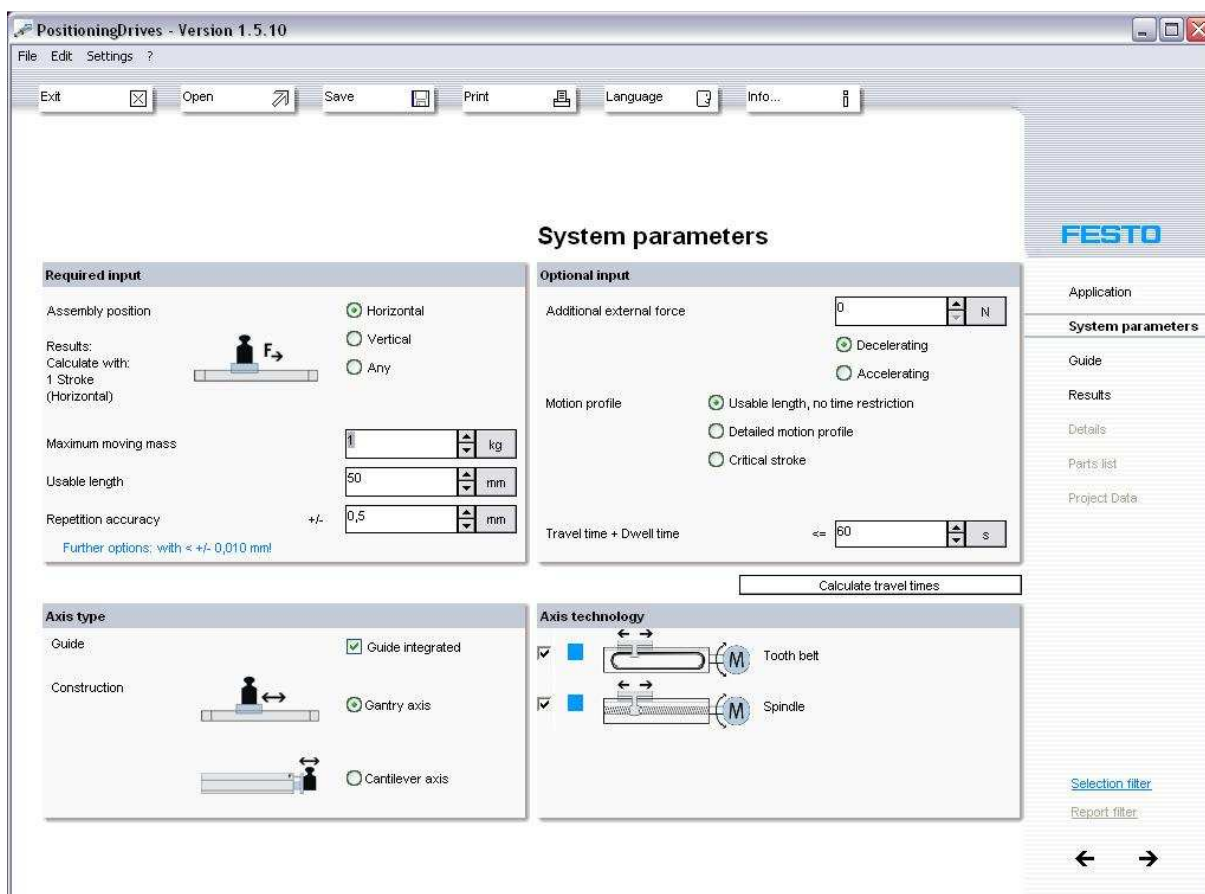
Program je určen pro správný výběr vedení pro pneumatické přímočaré pohony. Přímočaré (lineární) pohony FESTO DGC jsou známé svou „velkou silou na malém prostoru“ [14]. Jejich optimální konfiguraci vám umožní tento nástroj. Požadované údaje projektu jsou: hmotnost nebo síla, montážní poloha a trasa. Dle uživatelských požadavků se průběžně mění označení daného typu vedení a po dokončení zadávání hned vidí označení toho správného produktu, který objednat. Program je nabízen v Anglickém a Německém jazyce a je to freeware. Velikost instalačního souboru je 944 kB. Více viz [14].



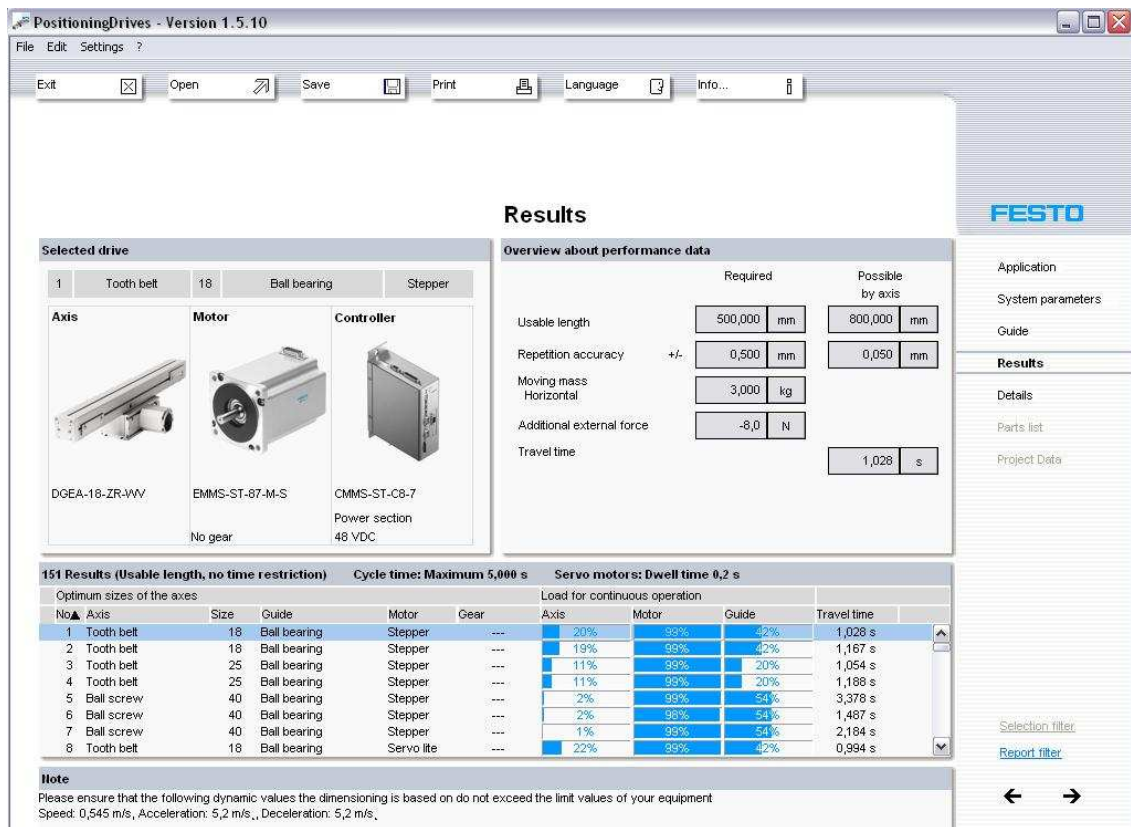
Obr. 2.3 FESTO DGC Quickcalc

2.3 FESTO Positioning Drives V1.5.10

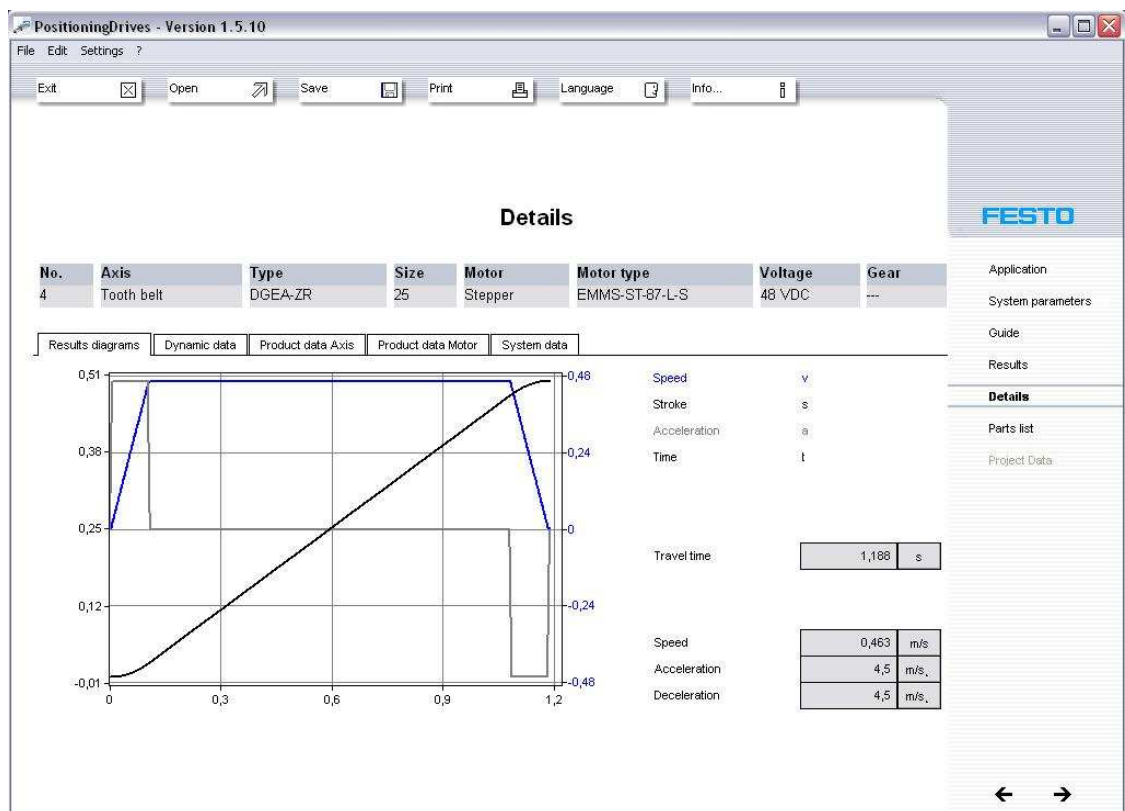
Program umožňující výběr správného pohonu, motoru a ovladače pro danou aplikaci. Dle požadovaných parametrů, buď lineární či rotační/kyvné motory, doporučí několik variant pohonů (pohon ozubeným řemenem, vřetenem) a jejich porovnání. Program nabízí více variant, jak daný pohon bude pracovat a to, zda bude břemeno položeno na pohonu samotném či bude břemeno tlačeno před pohonem apod. Jde o silného pomocníka na poli výběru pohonů. Program však není určen přímo pro pneumomotory, ale pro elektromechanické pohony. Stojí však za zmínku. Program je nabízen v Anglickém, Německém jazyce včetně jazyka Českého a je to freeware. Velikost instalačního souboru je 10 MB. Více viz [14].



Obr. 2.4 Prostředí FESTO Positioning Drives



Obr. 2.5 Prostředí FESTO Positioning Drives



Obr. 2.6 Prostředí programu FESTO Positioning Drives

2.4 FESTO Výběr tlumičů rázu

„Vždy ten správný tlumič nárazu“ – jak se uvádí na webu FESTO [21]. V úvahu se berou všechny typy tlumených pohybů – diagonální, vertikální, zakřivené, přímočaré, pákové nebo kruhové (vodorovné uspořádání, šikmé uspořádání, nižší hmotnost bez pohonné síly, otočný disk, kývající se páka, kývající se hmota s pohonnou silou). Softwarový nástroj je vždy schopen doporučit správný tlumič nárazu pro danou práci. V prostředí programu je velice názorně zobrazeno, jak který vektor síly působí na dané břemeno a tlumič. Program je nabízen v Anglickém, Německém jazyce včetně jazyka Českého a je to freeware. Velikost instalačního souboru je 931 kB. Program je k dispozici také v online provedení. Více viz [14].

2.5 FESTO Air Dryer - Výpočet pro membránové a adsorpční sušičky vzduchu

Tento program slouží k výpočtu správných velikostí sušiček vzduchu Festo dle uživatelských požadavků, jako je tlak, průtok, teplota na vstupu/výstupu a uvádí možné volby pro jednotlivá použití. Prostřednictvím odkazů je poté uživatel přesměrován na online katalog nebo může na závěr výběru vyplnit objednávkový formulář. Lze snadno měnit jednotky, jako např. stupně Celsia nebo Fahrenheita, a tím zohlednit specifické požadavky. Program dále uvádí stručný souhrn různých principů vysoušení vzduchu. Program je nabízen v Anglickém a Německém jazyce a je to freeware. Velikost instalačního souboru je 740 kB. Více viz [14].

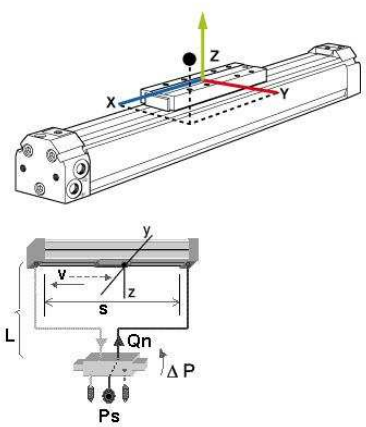
2.6 BOSCH REXRTOH Program Information V2.0

Tento online konfigurátor je produktem společnosti BOSCH Rexroth. Dá se říci, že se jedná o obdobu výše zmiňovaného online konfigurátoru FESTO. BOSCH bohužel nenabízí offline produkty ke konfiguraci a simulaci, přesto však nabízí širší škálu produktů, které lze konfigurovat.

Kategorie se dělí na pístové válce (válce s pístnicí), bezpístnicové válce, válce s vedením, miniaturní válce, rotační motory, chapadla, ejektory a produkty pro vakuum, tlumiče rázu, úspory energie a zubové řetězy a také pneumatickou kalkulačku s funkcemi jako průtok kruhovým otvorem, měřící trubici apod. a převodník s možnostmi převodů tlaku, průtoku, hmotnosti, síly, délky, plochy, objemu, rychlosti a teploty mezi SI a Angloamerickou měrnou soustavou. Celý obsáhlý online systém je v Anglickém jazyce.

Rodless calculation 5/28/11 12:16 PM
Program information ver. 1.7
Field for customer notes

Rexroth
Bosch Group



Workpiece:

Mass Load $m(0-268)(\text{kg})$

Lever arm: x (mm)

Lever arm: y (mm)

Lever arm: z (mm)

Application:

Load movement

Supply Pressure: (bar)

Pressure drop $\Delta P (0-2 \text{ bar})$

Tube length L (m)

Stroke s(0-10100mm)

Time for one stroke t(s)

Cylinder:

Cylinder type

Type of cushioning

Pre specified diameter

The program result may be seen as a recommendation for choice of components. Bosch Rexroth AG may not be held liable for any damages occurring from the use of this program.

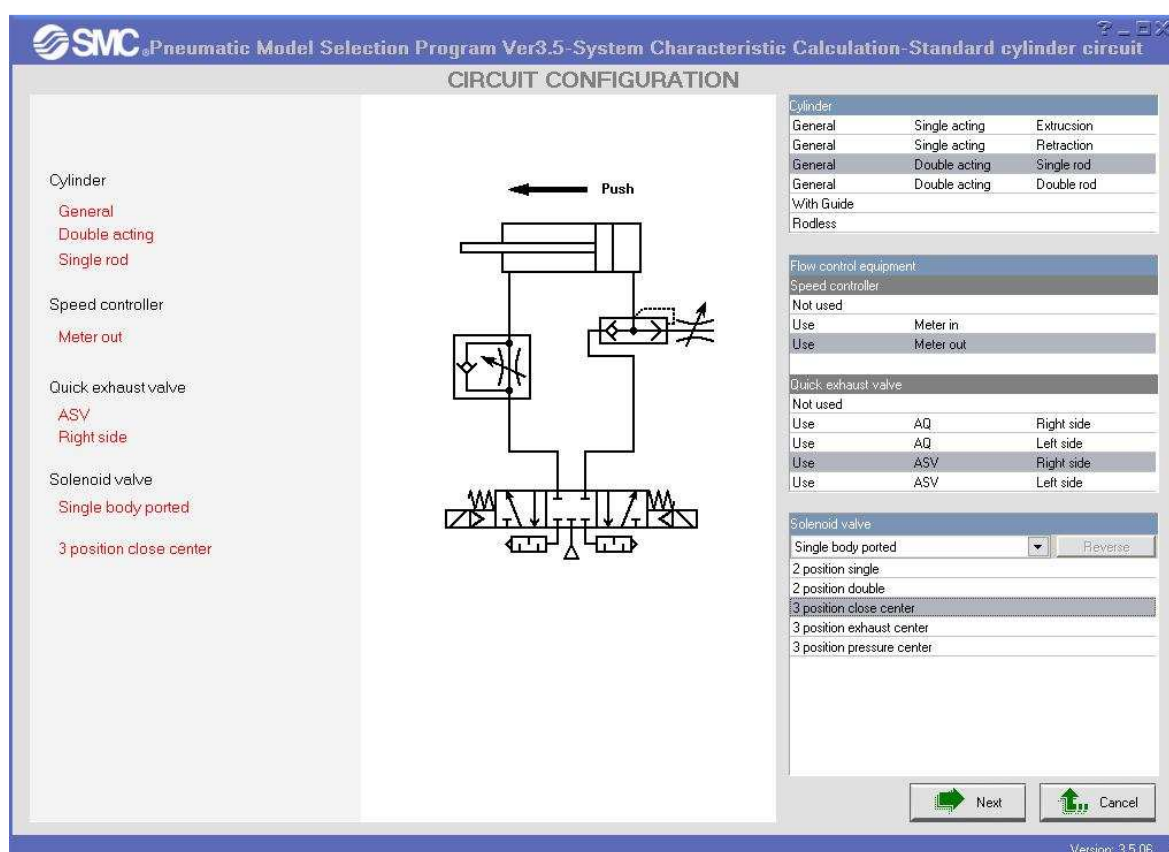
Dimensioning data: Load: %		Output data	
Mass load: (kg)	<input type="text" value="1"/> 3%	Cylinder diameter: (mm)	Ø40
Acceleration	OK	Series:	RTC-BV
Test of max velocity	<input type="text" value="20"/> 20%	Start time (s)	0.056
Cushioning	<input type="text" value="5"/> 5%	Velocity (ms)	0.78
Bearing Load	<input type="text" value="11"/> 11%	Deceleration (m/s²)	41
Max lever arm	<input type="text" value="91"/> 91%	Max cylinder Force (N)	756
		Valve Qn (Nl/min)	444
		Tube inner diameter (mm)	11.0

Obr. 2.7 Výstup online konfigurátoru Bosch REXROTH

BOSCH také nabízí ve svém konfiguračním online balíku také okamžitou informaci o ceně dané komponenty v EUR. Více viz [16].

2.7 SMC Model Selection V3.5

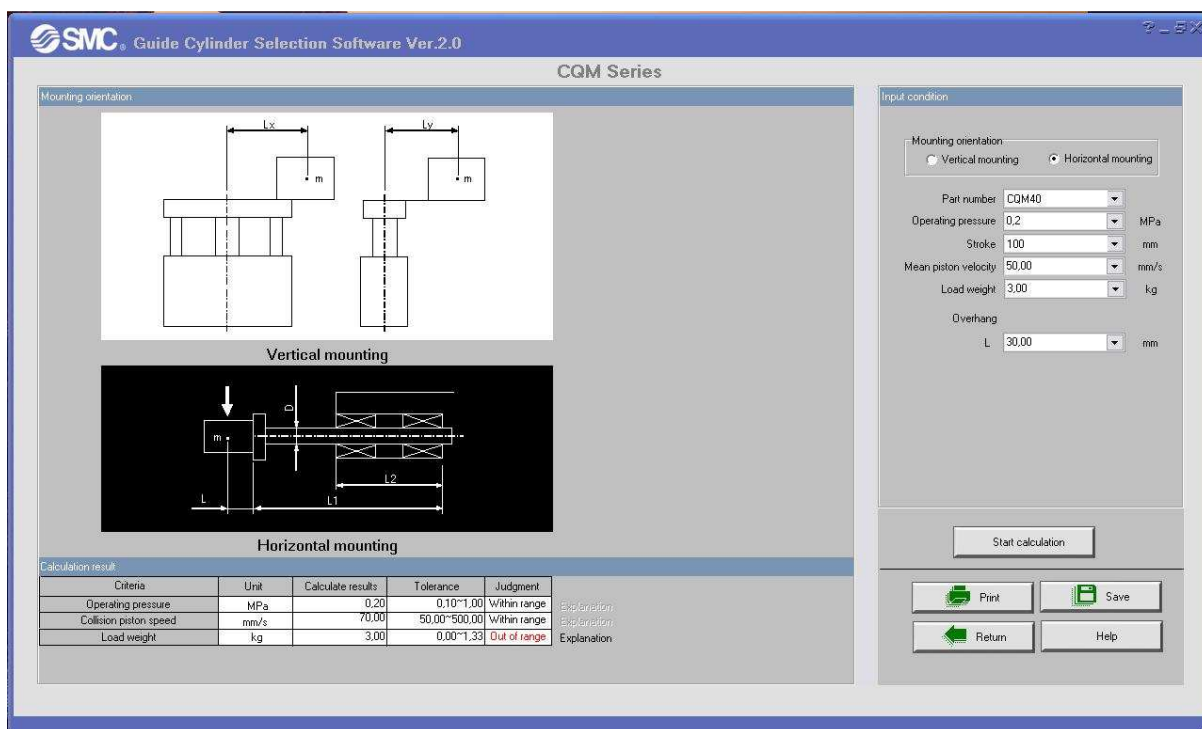
Tento velký softwarový pomocník od společnosti SMC je určen k modelování pneumatických systémů a jejich výpočtům. Nabízí vysokou přesnost výpočtů dynamických vlastností simulace. SMC u verze 3.5 udává procentuelní výskyt chyb na 10% a menší. Dle zadaných parametrů program automaticky nabídne vhodné prvky ze sortimentu SMC. Program se nezaměřuje pouze na jeden ventil či válec, ale nabízí také slučování obvodů. Tento údaj je převzat z uživatelské příručky, mi se ovšem nepodařilo sloučit více prvků, než které jsou defaultně nastaveny v nabídce. Program je také uzpůsoben uživatelům začátečnickům a nabízí jim v tomto režimu pouze věci nutné k výpočtům či simulaci. Program je v souladu s normou ISO. Software je freeware a instalační soubor má velikost 59.2 MB. Nabízí se v 9 jazycích. K hlavním patří Angličtina, Němčina, Francouzština. Více viz [13].



Obr. 2.8 Prostředí SMC Model Selection V3.5

2.8 SMC Guide Cylinder Selection 2.0

Užitečné výpočty statického i dynamického zatížení pneumatických pohonů s vedením. Program je nabízen v Anglickém a Japonském jazyce. Software je freeware a instalační soubor má velikost 21 MB. Více viz [13].



Obr. 2.9 SMC Guide Cylinder Selection 2.0

2.9 SMC Simple Saving Calculations V1.0

Tento software řeší snadné výpočty úspory nákladů na stlačený vzduch při použití ofukovacích pistolí VMG, procesních ventilů VXE a úsporných ventilů a přímočarých pneumomotorů ASQ, ASR. Dle zadaných hodnot lze zjistit úspory v Eurech za hodinu a rok. Software je freeware a instalační soubor má velikost 51.1 MB. Program je dodáván v 5 jazykových mutacích a to Anglicky, Německy, Francouzsky, Italsky a Španělsky. Více viz [13].

2.10 SMC Process valves selector - Konfigurátor procesních ventilů

Snadný výběr ventilů pro různá média. Zadejte parametry ventilu, jakými jsou např. médium, teplota okolí, diferenční tlak, průtok apod. a software Vám doporučí nejvhodnější procesní ventil, včetně podrobností jeho hlavních rysů, kompletní katalog produktů a přístup k E-tech webu pro stahování CAD souborů. Software je freeware a instalační soubor má velikost 327 MB. Obdobný program je k dispozici v online provedení, avšak dle vámi zadaných parametrů okamžitě generuje také číslo produktu / objednáací kód, což Process Valves selector primárně neumí, ale nabízí u optimálního produktu odkaz na online generátor produktového čísla. Program je dodáván v 5 jazykových mutacích a to Anglicky, Německy, Francouzsky, Italsky a Španělsky. Více viz [13].

Závěr

Dá se říci, že všichni známí výrobci a dodavatelé pneumatických komponent mají programy velice podobné, lišící se pouze ve škále nabízených výpočtů. Dle mého hledání těchto programů se mi však nepodařilo zjistit žádnou rovnici, dle kterých dané programy pracují.

3 Simulace dynamických charakteristik obvodu s dvojčinným pneumomotorem

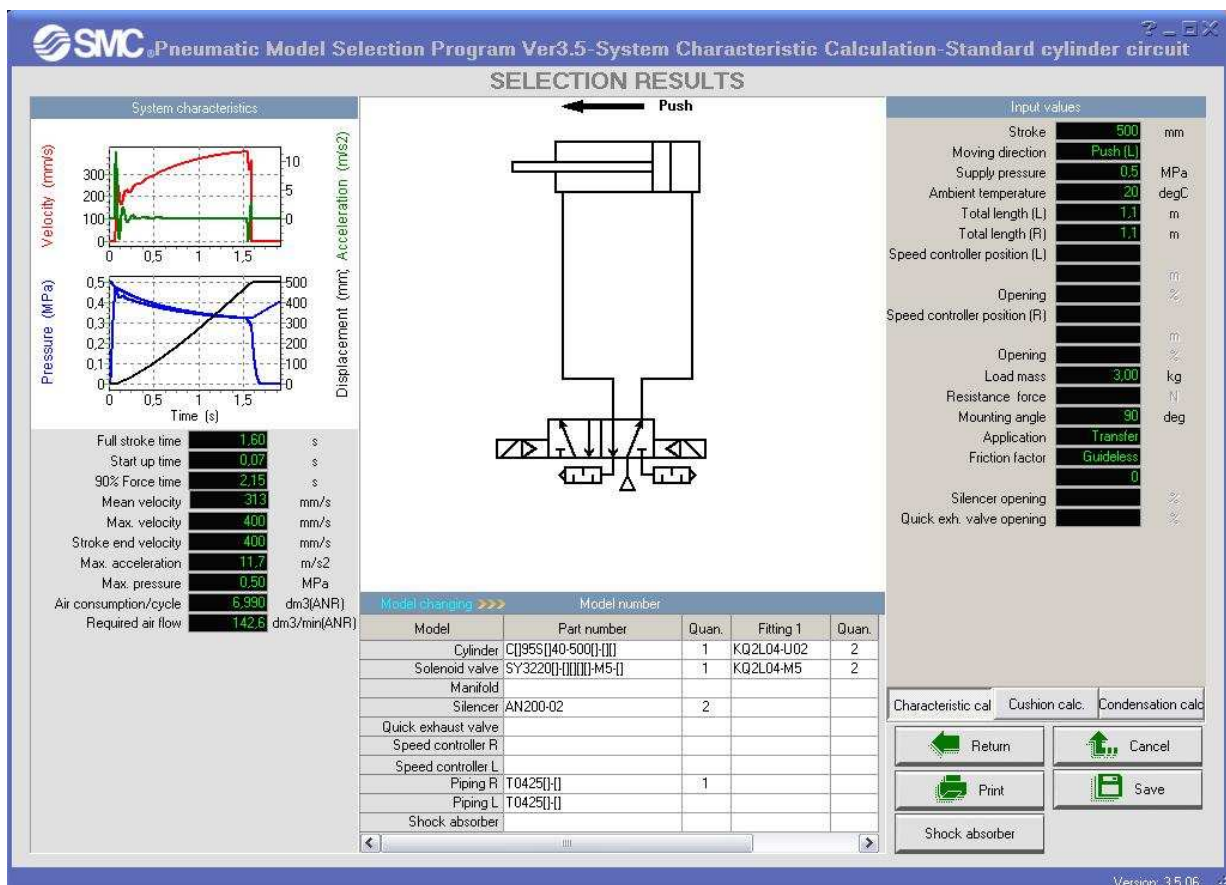
Z uvedených možností dostupného programového vybavení jsem se zaměřil pouze na vyzkoušení konfigurátoru pro návrh a výpočet pneumatického systému s přímočarým pneumomotorem od společnosti SMC a Bosch Rexroth.

Vstupními hodnotami do výpočtu jsou:

- Délka zdvihu [mm]	500
- Průměr válce [mm]	40
- Hmotnost břemena [kg]	3
- Tlak [MPa]	0,5
- Délka hadic [m]	1,1
- Typ hadic	T
- Úhel montáže motoru [deg.]	90

3.1 SMC Model Selection V3.5

V programu od společnosti SMC nás vede výběrový nástroj po jednotlivých krocích na dvou stránkách. Je potřeba zadat parametry, aby nám software mohl vygenerovat zprávu o námi zvoleném pneumatickém obvodu. Na první stránce zadáváme typ motoru, zda použijeme škrcení či jednosměrné ventily na vedení u motoru a typ rozvaděče. Na stránce druhé potom volíme délku vysunutí pístnice, zda se pístnice bude zasouvat/vysouvat, tlak, stupně Celsia okolního prostředí, délku hadic, hmotnost břemene, montážní úhel motoru, typ motoru (ze sortimentu SMC), typ rozvaděče (ze sortimentu SMC), tlumiče a typ použitých hadic. Následně nám program vygeneruje zprávu i s grafem. V této zprávě se dozvíme celkový čas výsuvu, prodlevu, průměrnou a maximální rychlost, koncovou rychlost, maximální zrychlení, maximální tlak a požadovaný průtok média.



Obr. 3.1 okno programu po výpočtu

Pneumatic Model Selection Program Ver3.5-System Characteristic Calculation-

Title : smc1

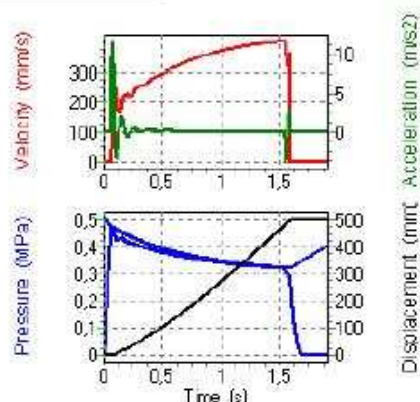
Registrant : pk

Date : 2011-05-24

Model number

Model	Part number	Quan.	Fitting 1	Quan.	Fitting 2	Quan.
Cylinder	C[95S[40-500[[-[[]	1	KQ2L04-U02	2		
Solenoid valve	SV3220[[-[[]-M5-[[]	1	KQ2L04-M5	2		
Manifold						
Silencer	AN200-02	2				
Quick exhaust valve						
Speed controller R						
Speed controller L						
Piping R	T0425[[-[[]	1				
Piping L	T0425[[-[[]					
Shock absorber						

System characteristics



Full stroke time: 1,60 s
Start up time: 0,07 s
90% Force time: 2,15 s
Mean velocity: 313 mm/s
Max. velocity: 400 mm/s
Stroke end velocity: 400 mm/s
Max. acceleration: 11,7 m/s²
Max. pressure: 0,50 MPa
Air consumption/cycle: 6,990 dm³(ANR)
Required air flow: 142,6 dm³/min(ANR)

Cushion Calculation Result

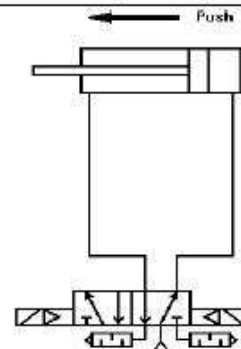
Absorption energy: 0,33 J
Allowable energy: 3,40 J
Judgment result: Within the allowable range

Condensation Calculation Result

Condensation probability: 0 %
Condensation probability is very small

Comment:

SMC Version: 3.5.06



Input values

Stroke: 500 mm
Full stroke time:
Moving direction: Push (L)
Supply pressure: 0,5 MPa
Ambient temperature: 20 degC
Total length (R): 1,1 m
Total length (L): 1,1 m
Speed controller position (R):
Opening:
Speed controller position (L):
Opening:
Load mass: 3,00 kg
Resistance force: N
Mounting angle: 90 deg
Application: Transfer
Friction factor: Guideless
0
Silencer opening:
Quick exh. valve opening:

Cushion Calculation Input Value

Cushion style: Air cushion
Work mounting style:

Condensation Calculation Input Value

Absolute humidity: 0,0008 kg/kg

Obr. 3.2 Tiskový výstup programu SMC Model Selection V3.5

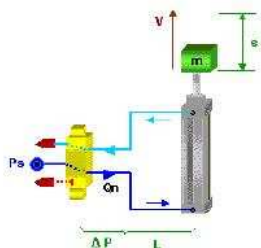
3.2 Bosch REXROTH Program Information V2.0

Software od Rexrothu je online a vše nutné k výpočtu se nachází pouze na jedné stránce. Zadáávají se tyto hodnoty: hmotnost břemena, horizontální či vertikální poloha pneumomotoru, směr pohybu pístnice, vstupní tlak, tlaková ztráta, délka potrubí, zdvih pneumomotoru, čas na jeden cyklus, typ motoru (ze sortimentu Bosch Rexroth), typ odpružení a průměr motoru. Po zadání těchto parametrů nám software vypočítá dimenzování daného typu motoru a to maximální přípustnou hmotnost, zda pro daný typ motoru vyhovuje zrychlení, test rychlosti a odpružení. Dále ještě obsahuje data jako: prodlevu, rychlost, zpomalení, maximální sílu válce v [N] a vnitřní průměr trubky potřebné pro optimální zásobení pneumomotoru.

1/1 Bosch Rexroth AG | Pneumatics

Piston calculation program
Program information Version

Thu May 26 23:06:07 CEST 2011
Field for customer notes
Notes



Workpiece:

Mass load: m (kg) 3

Application:

Load Movement	Upwards
Piston rod Movement	push
Supply pressure: P _s (4-10bar)	6
Pressure drop ΔP (0-2 bar)	1
Tube length L (0.1-10m)	1
Stroke: s (mm)	500
Time for one stroke t(s)	1

Cylinder:

Cylinder type	TRB/ITS ISO 32-320
Type of cushioning	Internal
Pre specified diameter	40
Test Of Buckling	No

Dimensioning data:

Load: %

Max allowable mass (kg)	6
Acceleration	OK
Test of max velocity (m/s)	16
Cushioning	6

Output data

Cylinder diameter (mm)	40
Start time (s)	0.046
Velocity (m/s)	0.60
Deceleration (m/s²)	26
Max cylinder Force (N)	756
Valve Q _n (Nl/min)	340
Tube inner diameter (mm)	6.0

The program result may be seen as a recommendation for choice of components. Bosch Rexroth AG may not be held liable for any damages occurring from the use of this program.

Obr. 3.3 Tiskový výstup z programu Program Information V2.0

4 Experiment – dynamická charakteristika obvodu a porovnání

4.1 Dynamická charakteristika obvodu

Pro měření, jsme zvolili základní pneumatický obvod ze zvolených prvků:

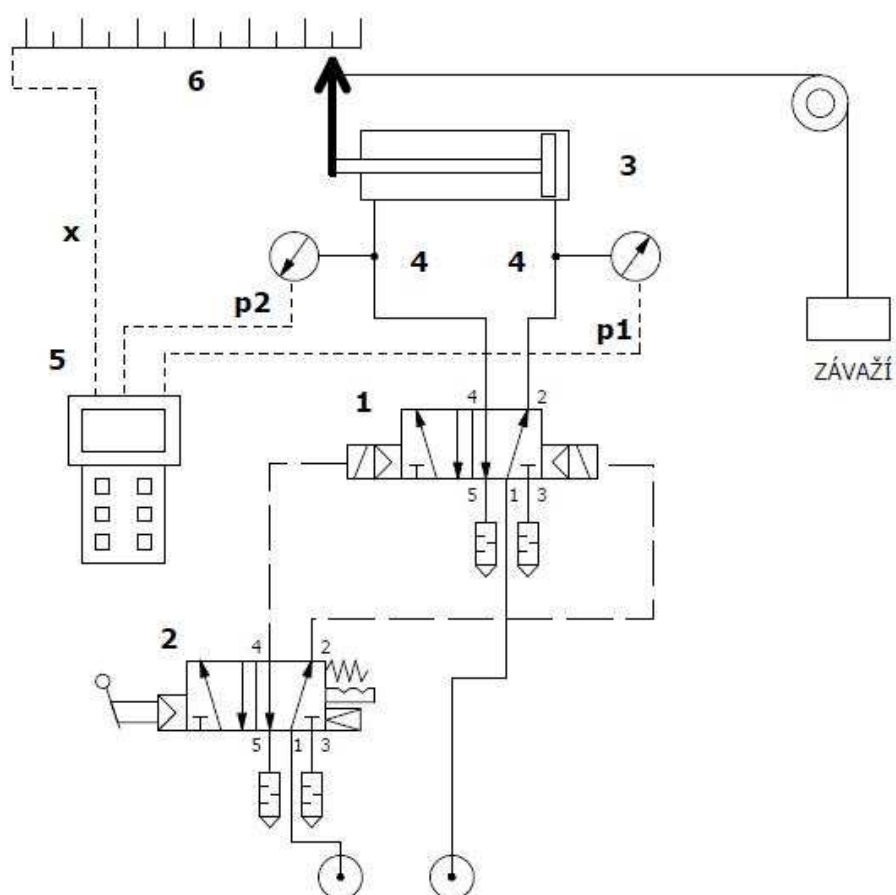
- Pneumomotor SMC C92 SDB průměr 40 mm a zdvih 500 mm
- Rozvaděč SMC SYA3220-M5 pneumaticky ovládaný
- Rozvaděč SMC EVZM550-F01-00+VM-34CB mechanicky ovládaný
- Hadice typ T, světlost 4mm, délka 110 cm
- Snímače tlaku Hydrotechnik PR15

Další hodnoty, nutné ke správnému výpočtu:

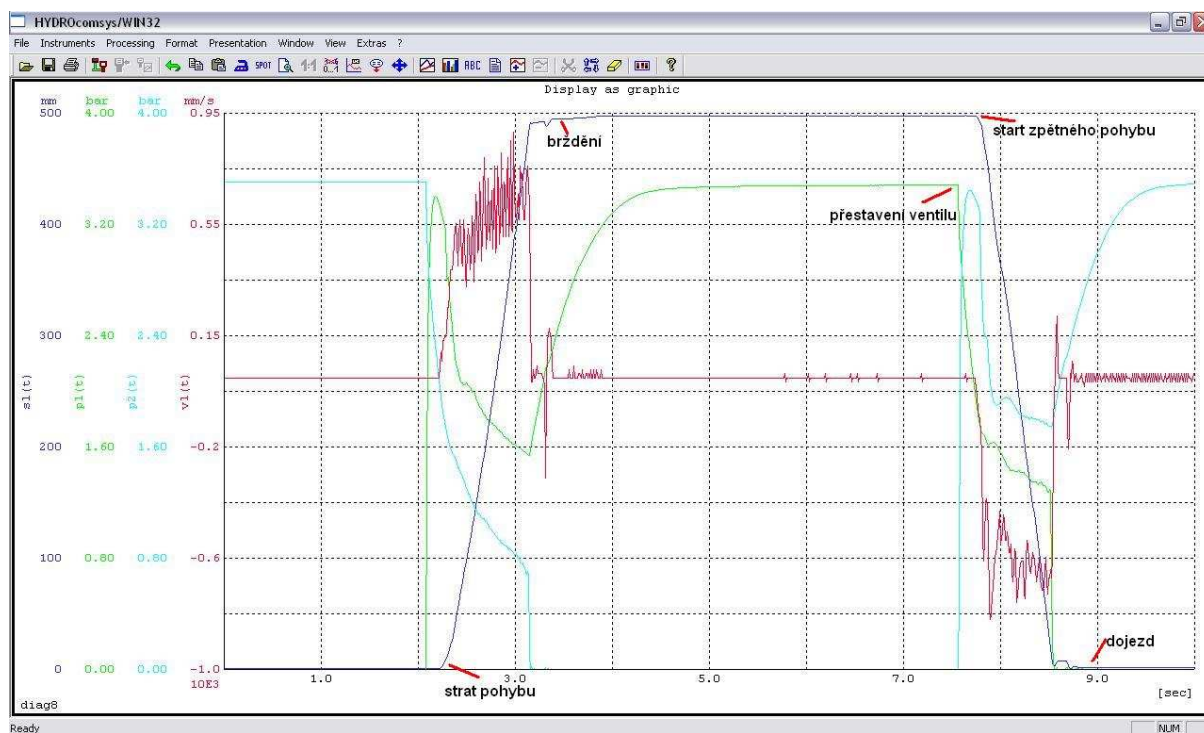
- Nastavený tlak 3,5 bar
- Hmotnost břemene 2,86 kg
- Max. rychlost pohybu 763 mm.s^{-1}
- Δp mezi větvemi A a B 0,4 – 1,4 bar

Po přestavení ventilu se začne pístnice pneumomotoru vysouvat. Doba pohybu je 1,64 sec. Maximální zdvih pneumomotoru je 500 mm. Ve vysunuté poloze jsme nechali pneumomotor přibližně 4 vteřiny, poté se přestavil ventil a pístnice pneumomotoru se začala zasouvat. Celý průběh z měření je vidět na Obr. 4.2. Při měření se vycházelo z měřicího zařízení Hydrotechnik M5050 a polohového snímače pístu.

Schéma zapojení obvodu



Obr 4.1 Pneumatický obvod (označení viz Příloha A)



Obr 4.2 Výstup z programu Hydrowin se zátěží cca 3 kg

Použité měřicí pomůcky

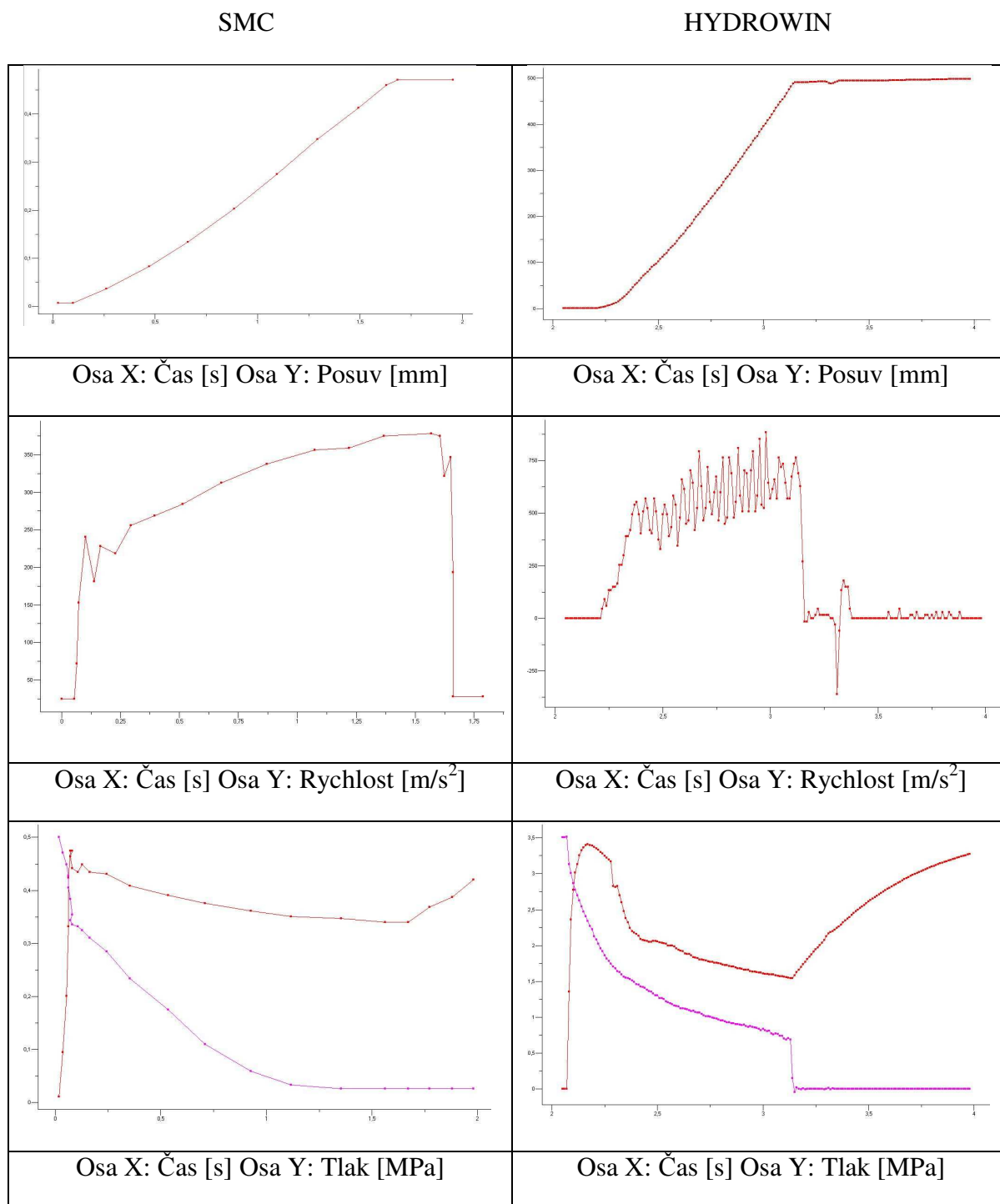
Měřicí přístroj	Hydrotechnik M 5050
Tlakový snímač	Hydrotechnik PR15
Rozsah	-0,1 – 0,6 MPa 0 – 20 mA 10VDC -40 – 120 °C
Vzorkování	1 ms
Polohový snímač	TURCK LT500M-Q21-LU0X3-H1141
	L 500 mm 19,2 – 28,8 VDC -40 – 70°C
Vzorkování	2 ms
Zdroj napětí	24 VDC



Obr. 4.3 měřicí stand

4.2 Porovnání

K porovnání výstupních hodnot ideálního stavu obvodu od SMC a skutečného stavu dle měření přístrojem Hydrotechnik M5050 a jeho výstupu do programu Hydrowin jsem použil program pro zpracování dat a grafů Data Master 2003.



Tab. 4.1 Porovnání výstupů programů SMC a HYDROWIN

Podle předchozí tabulky si můžeme udělat přehled o výstupu výpočtového programu SMC Model Selection V3.5 a výstupu skutečného stavu dle měření v laboratoři Pneumatiky VŠB-TU Ostrava měřicím přístrojem Hydrotechnik M5050. Výstupní data se od sebe příliš neliší a lze tyto programy doporučit uživatelům. Je nutno brát v úvahu, že ideální stav od skutečného se bude lišit. Ke skutečnému měření se přidává více aspektů, které k ideálnímu stavu program neumí zahrnout. Tyto aspekty mohou být vibrace na standu, tření kladek, houpající se závaží apod. Nutno poznamenat, že výrobci a provozovatelé těchto výpočtových programů mají na stránce s daným výpočtem uvedenu poznámku, že dané výpočty lze brát jako doporučení, ale že výrobce neručí za žádné škody, byť byly vypočteny daným programem.

Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo zpracovat přehled softwarových nástrojů pro kreslení a výpočet pneumatických systémů. V úvodních dvou kapitolách je zpracován přehled těchto programů a to v první kapitole programy pro kreslení a simulaci pneumatických obvodů a v druhé kapitole programy pro výpočty pneumatických komponent.

Navazující kapitola se již zabývá simulací dynamických charakteristik v základním pneumatickém obvodu s použitých dvojčinným pneumomotorem. Dále je v této kapitole krátce popsáno, co musí uživatel zadat pro správné výpočty.

Poslední kapitola seznamuje o měření v pneumatické laboratoři a následně porovnává výsledky měření s nasimulovaným pneumatickým obvodem v počítači.

5 Použitá literatura

- [1] NEVRLÝ, J. *Modelování pneumatických systémů*. Modelování pneumatických systémů. Brno: CERM, 2003. s. (183 s.) ISBN: 80-7204-300-5.
- [2] DVOŘÁK, L. ŽÁČEK, M. *Automation studio*. Učební opora předmětu „Pneumatická zařízení strojů“ Ostrava: VŠB-TUO, 2008. S. (48 s.)
- [3] KOPÁČEK, J. ŽÁČEK, M. *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 94s. ISBN 978-80-248-0442-2
- [4] DVOŘÁK, L. *COMPARISON OF TWO SIMPLIFIED MATHEMATIC MODELS OF PNEUMATIC SYSTÉM*. Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Mechanical Series. No. 3, 2009, vol. LV article No. 1717. (44 s.)

5.1 Zdroje on-line

- [5] *SoliCAD.com Konstrukční kancelář* [online]. 02.2010. WEB: <http://www.solicad.com/progecad>
- [6] *FESTO* [online]. 11/2010. WEB: http://www.festo.com/cms/cs_cz/16775.htm
- [7] *D&C Scheme Editor 3.0*. Bosch Rexroth AG [online]. 11.2010. WEB: http://www.boschrexroth.com/country_units/europe/germany/de/dienstleistungen/simulationstechnik/downloads/d_c_scheme_editor_en/index.jsp;jsessionid=cbatEk_g6pLQgLesZC5s?oid=629843
- [8] *SMC* [online]. 11.1.2010. WEB: <http://www.smc.cz>
- [9] *Stránský a Petržík* [online]. 2010. WEB: <http://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/ke-stazeni/automsim>
- [10] *IRAI Logiciel de création et de simulation de schémas électriques, pneumatiques, hydrauliques et électronique digitale*. [online]. 2006. WEB: <http://www.ira.com/asi>
- [11] *AUTOMATION STUDIO* [online]. 2010. WEB: <http://www.automationstudio.com>

- [12] *OFT2*. Omegon Fluid Technology. [online]. 2011. WEB:
<http://www.de.omesim.com>
- [13] *SMC* [online]. 2010. WEB: <http://www.smc.cz/document.asp?id=1124>
- [14] *FESTO* [online]. 11/2010. WEB:
http://www.festo.com/cms/cs_cz/9533_11073.htm
- [15] *GSED 3.0.0.26*. FESTO. [online]. 11/2010. WEB:
http://www.festo.com/cms/cs_cz/9533_11072.htm#id_11072
- [16] *Program information V2.0*. Bosch Rexroth AG [online]. 11.2010. WEB:
<http://www.boschrexroth.com/computation>
- [17] *Process Valves Selector* . SMC [online]. 2010. WEB:
http://www.smc.eu/portal/Iketek/ProcessValves/selector.jsp?lang=en&ctry=UK&nc=1244198166649&cm_sp=EEM-_-SMC-Portal-March11-_-Process%20Valve%20Selector
- [18] <http://www.slunecnice.cz/sw/pneumatika-a-hydraulika-progecad/>
- [19] *HYPNEU* [online]. 2010. WEB: <http://www.hypneu.com>
- [20] *AMESim*. LMS Engineering innovation [online]. 2011. WEB:
<http://www.lmsintl.com/imagine-amesim-intro>
- [21] *FESTO* [online]. 11/2010. WEB: http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm

6 Seznam příloh

Příloha A Seznam prvků

Příloha B CD-R nosič

Příloha A

Označení	Popis	Číslo produktu	Výrobce
1	Rozvaděč	SYA3220-M5	SMC
2	Rozvaděč	EVZM550	SMC
3	Pneumomotor	C92SDB	SMC
4	Snímač	PR15	Hydrotechnik
5	Měřicí zařízení	M-5050	Hydrotechnik
6	Snímač	LT500M-Q21	TURCK

Příloha B

CD-R nosič obsahuje tuto bakalářskou práci.